

Научная статья

УДК 53.096

СТРУКТУРНЫЕ И ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В СПЛАВЕ Ti–15Mo ПРИ ТЕМПЕРАТУРНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

**Антон Данилович Куштанов, Анастасия Олеговна Петрова¹,
Ирина Вячеславовна Нарыгина**

Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия

¹ *a.o.petrova@urfu.ru*

Научный руководитель — проф., д-р техн. наук А. А. Попов

Аннотация. В работе методами оптической металлографии, РЭМ, ПЭМ, РСФА, дюриметрии проанализированы структурные и фазовые превращения в сплаве типа Ti–15Mo, протекающие при закалке из β -области, а также при последующем старении. Установлены температурные интервалы выделения вторых фаз, их морфология и влияние на свойства (твердость).

Ключевые слова: титановый сплав, закалка, старение, морфология фаз

Original article

STRUCTURAL AND PHASE TRANSFORMATIONS IN Ti–15Mo ALLOY UNDER THERMAL INFLUENCE

**Anton Danilovich Kushtanov, Anastasia Olegovna Petrova¹,
Irina Vyacheslavovna Sharygina**

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

¹ *a.o.petrova@urfu.ru*

Scientific supervisor — professor, doctor of technical sciences A. A. Popov

Abstract. The structural and phase transformations in an alloy of the Ti–15Mo type occurring during quenching from the β -region, as well as during subsequent aging are analyzed by methods of optical metallography, SEM, TEM, RSFA and durometry. The temperature intervals of the separation of the second phas-

es, their morphology and their influence on the properties (hardness) are established.

Keywords: titanium alloy, quenching, aging, phase morphology

При разработке сплавов для имплантов и имплантатов повышенный интерес уделяется сплаву Ti–15Mo, относящемуся к первому поколению низкомодульных сплавов. Его модуль Юнга значительно ближе к модулю упругости человеческой кости, по сравнению с титановыми ($\alpha+\beta$)-сплавами.

Ti–15Mo выделяется среди сплавов системы Ti–Mo не только своей превосходной биосовместимостью, коррозионной стойкостью, но и хорошим сочетанием механических свойств: усталость, твердость и износостойкость [1; 2]. При этом сплав не цитотоксичен.

Как известно, механические свойства сплавов (главным из которых превалирует модуль упругости) определяются морфологией выделяющихся фаз, их объемной долей, размером и характером распределения. Поэтому изучение морфологии и кинетики выделяющихся фаз в сплавах при различных режимах термической обработки с целью формирования необходимого комплекса свойств для биомедицинских материалов является актуальной задачей.

Материалами исследования послужили горячекатаные прутки диаметром 20 мм, полученные по промышленной технологии, из сплава Ti–13,5Mo–0,4Al–0,1Si–0,02Fe. Термическая обработка прутков включала в себя нагрев в однофазную β -область до температуры 850 °C, выдержку в течение 1 ч, закалку в воду и последующее старение в интервале температур 300...500 °C с шагом 25 °C и выдержкой 2 ч.

Методами оптической металлографии, РЭМ, ПЭМ, РСФА, дюрOMETрии установлено, что закалка при 850 °C обеспечивает формирование двухфазной ($\beta+\omega$)-структуры, ω -фаза образована по сдвиговому механизму и является атермической.

Показано, что при последующем старении закаленного сплава при увеличении температуры старения от 300 до 425 °C происходит увеличение объемной доли ω -фазы вследствие выделения термической ω -фазы, а при старении от 425 до 500 °C постепенно снижается стимул к выделению термической ω -фазы.

Определено, что при повышении температуры старения от 300 до 500 °C происходит смена морфологии ω -частиц: от равноосной к эллипсоидальной (среднего размера 60 нм).

Кроме того, при старении сплава свыше 400 °С зафиксировано образование α -фазы. При старении при 500 °С средний размер α -частиц составляет около 30 нм.

Таким образом, изучены структурные и фазовые превращения, протекающие в сплаве при закалке и последующем старении, что позволит скорректировать применяемые на сегодняшний день для сплава режимы термической обработки или разработать новые.

Список источников

1. Preparation and characterization of alloys of the Ti-15Mo-Nb system for biomedical applications / Martins Júnior J. R. S [et al.] // J. Biomed Mater Res B. Appl Biomater. 2018. 17 p.
2. Development of novel Ti-Mo-Mn alloys for biomedical applications / M. L. Lourenço [et al.] // Scientific reports. 2020. V. 10 (1). P. 1–8.